

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1924

THÈSE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Henri-Pierre FAURE

Né le 28 juin 1896 à Paris
Externe des Hôpitaux

CELLULES DE PURKINJE
ET TISSU NODAL

REMARQUES

SUR L'HISTOLOGIE ET L'HISTOPHYSIOLOGIE DES ÉLÉMENTS
A AUTOMATISME MOTEUR MYOGÈNE

Président : M. PRENANT, professeur

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUBE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1924

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie.....	NICOLAS.
Anatomie médico-chirurgicale.....	CUNÉO.
Physiologie.....	CH. RICHET.
Physique médicale.....	André BROCA.
Chimie organique et chimie générale.....	DESGREZ.
Bactériologie.....	BEZANÇON.
Parasitologie et histoire naturelle médicale.....	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales.....	Marcel LABBÉ.
Pathologie médicale.....	SICARD.
Pathologie chirurgicale.....	LECÈNE.
Anatomie pathologique.....	LETULLE.
Histologie.....	PRENANT.
Pharmacologie et matière médicale.....	RICHAUD.
Thérapeutique.....	CARNOT.
Hygiène.....	Léon BERNARD
Médecine légale.....	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie.....	MÉNÉTRIÉR.
Pathologie expérimentale et comparée.....	ROGER.
Clinique médicale.....	GILBERT.
	CHAUFFARD.
	ACHARD.
	WIDAL.
Hygiène et clinique de la première enfance.....	MARFAN.
Clinique des maladies des enfants.....	NOBÉCOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.....	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.....	JEANSELME.
Clinique des maladies du système nerveux.....	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses.....	TEJSSIER.
Clinique chirurgicale.....	DELBET.
	HARTMANN.
	LEJARS.
	GOSSET.
Clinique ophtalmologique.....	De LAPERSONNE.
Clinique urologique.....	LEGUEU.
Clinique d'accouchements.....	COUVELAIRE.
	BRINDEAU.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique.....	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie.....	BROCA Auguste
Clinique thérapeutique médicale.....	VAQUEZ.
Clinique oto-rhino-laryngologique.....	SEBILEAU.
Clinique thérapeutique chirurgicale.....	DUVAL.
Clinique propédeutique.....	SERGEANT.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.		MM.	
RAMI.....	Pathologie médicale	LABBÉ (Henri).	Chimie biologique.
GLAVE.....	Pathologie chirurgicale.	LARDENNOIS..	Pathologie chirurgicale.
BERTIN.....	Pathologie médicale.	LE LORIER....	Obstétrique.
SSET.....	Pathologie chirurgicale.	LEMAITRE....	Oto-rhino-laryngologie.
UDOUIN.....	Pathologie médicale.	LEMIERRE....	Pathologie médicale.
NET.....	Physiologie.	LÉVY-SOLAL...	Obstétrique.
ANCHETIÈRE	Chimie biologique.	LHERMITTE..	Pathologie mentale.
ANCA.....	Histologie.	LIAN.....	Pathologie médicale.
ULÉ.....	Pathologie médicale.	MATHIEU.....	Pathologie chirurgicale.
SQUET.....	Pharmacologie et ma- tière médicale.	METZGER.....	Obstétrique.
DENAT.....	Pathologie chirurgicale.	MOCQUOT.....	Pathologie chirurgicale
AMPY.....	Histologie.	MONDOR.....	Pathologie chirurgicale
IRAY.....	Pathologie médicale.	MOURE.....	Pathologie chirurgicale
ERC.....	Pathologie médicale.	MULON.....	Histologie.
ÉRÉ.....	Hygiène.	PHILIBERT....	Bactériologie.
de JONG.....	Anatomie pathologique.	RIBIERRE....	Pathologie médicale.
VOIR.....	Médecine légale.	RICHET Fils...	Physiologie.
ALLE.....	Obstétrique.	ROUVIÈRE....	Anatomie.
ESSINGER...	Pathologie médicale.	STROHL.....	Physique médicale.
IX.....	Pathologie médicale.	TANON.....	Pathologie médicale.
RNIER.....	Pathologie expériment ¹⁰ .	TIFFENEAU...	Pharmacologie et ma- tière médicale.
RVIER.....	Pathologie médicale.	VAUDESCAL...	Obstétrique.
ITZ-BOYER..	Urologie.	VERNE.....	Histologie.
VELACQUE..	Anatomie.	VILLARET....	Pathologie médicale.
YEUX.....	Parasitologie.	WELTER.....	Ophthalmologie.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.		MM.	
MUS.....	Physiologie.	RETTERER....	Histologie.
UGEROT.....	Pathologie médicale.	ROUSSY.....	Anatomie pathologique
ÉNIOT.....	Obstétrique.		

IV — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE

à titre permanent

MM.

AUVRAY..... Clinique chirurgicale.
 CHEVASSU Clinique chirurgicale.
 LAIGNEL-LAVASTINE Clinique médicale.
 LEREBoulLET. Clinique médicale infar-
 tile.
 LÉRI Clinique médicale.
 LÉPER Clinique médicale.

MM.

OMBRÉDANNE. Clinique chirurgicale i
 fantile.
 PROUST Clinique chirurgicale.
 RATHERY..... Clinique médicale.
 SCHWARTZ ... Clinique chirurgicale.
 TERRIEN..... Cliniq. ophthalmologique.

V. — CHARGÉS DE COURS

MM MAUCLAIRE, agrégé.....	{	Chargé du cours de chirurgie orthopédique cl
		l'adulte pour les accidentés du travail, l
FREY.....		Stomatologie.
N.....		Éducation physique.
LEDoux-LEBARD.....		Radiologie clinique.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'École a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MON PÈRE

A MA MÈRE

A M. LE PROFESSEUR AGRÉGÉ TURCHINI
et

A M. LE PROFESSEUR AGRÉGÉ VERNE

*Qui a bien voulu me guider
dans la réalisation de ce modeste
travail.*

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

M. LE PROFESSEUR PRENANT

Professeur à la Faculté de Médecine de Paris
Membre de l'Académie de Médecine

Hommage respectueux.

A MES MAÎTRES DANS LES HÔPITAUX

MM. les Docteurs ARROU
ANDRÉ BÉRGÉ
CHEVRIER
MACÉ
GUILLEMOT
BARBIER
CANTONNET
HUDELO
DUHEM

A M. le D^r R.-J. WEISSENBACH

Médecin des Hôpitaux de Paris

CELLULES DE PURKINJE

ET TISSU NODAL

HISTORIQUE

Purkinje en 1839 découvrit sous l'endocarde du mouton « des fibres grises, gélatineuses, qui s'étendent en forme de réseau, à la face interne des ventricules, directement sous la membrane séreuse, se continuant à la surface des muscles papillaires et s'étendant à la façon d'un pont entre les dépressions de la paroi du cœur. » A l'observation microscopique, il vit des éléments cellulaires qu'il dénomma « grains », séparés par un dispositif fibrillaire. Une première hypothèse fut celle de fibres nerveuses, une seconde celle de tissus cartilagineux, enfin une troisième celle d'un tissu musculaire particulier car il parvint à constater au niveau de ces fibrilles l'existence d'une striation transversale. La découverte de ce tissu provoqua de nombreux travaux,

En 1854 Hessling constate la continuité des fibres de Purkinje et des fibres myocardiques ; en outre il signale l'existence au niveau des travées du réseau de Purkinje d'une abondante gaine de tissu conjonctif riche en fibres élastiques. En 1863 Aeby émet

l'hypothèse de la nature embryonnaire du tissu musculaire de Purkinje. En 1867, Obermeier distingue trois formes de cellules de Purkinje :

1° Des cellules sphéroïdales avec une écorce finement striée et un protoplasma abondant. Elles contiennent deux ou trois noyaux ;

2° Des cellules plus allongées, avec une écorce plus épaisse et plus nettement striée avec un protoplasma moins abondant. Leurs noyaux sont moins nombreux ;

3° Enfin un troisième type de cellules plus allongées et plus minces avec une écorce striée constituant presque toute l'épaisseur du corps de la cellule. Ces cellules se continuent graduellement avec les fibres cardiaques ordinaires.

En 1868, Lehnert distingue dans le réseau de Purkinje deux ordres d'éléments : des cellules globuleuses et un réseau musculaire indépendant naissant des fibres cardiaques et pénétrant dans la couche de Purkinje. C'est la théorie dualiste.

En 1876, Ranvier montre que les cellules de Purkinje sont réunies les unes aux autres par un ciment intercellulaire peu abondant soluble dans la potasse à 40 0/0 et colorable en noir par le nitrate d'argent.

En 1893, Renaut montre que les fibrilles de l'écorce contractile des cellules se continuent sans interruption d'un corps cellulaire à l'autre. Il faut donc admettre que les travaux de Ranvier avaient mis en évidence une limitation apparente, peut-être attribuable à un trait différencié passant par la ligne

des disques minces sur les confins d'une cellule à la suivante, à travers la substance fibrillaire.

En 1900, Ebner parvient aux mêmes conclusions.

En 1902, Marceau publie un important mémoire. Il distingue dans chaque faisceau de Purkinje du mouton une épaisseur de cinq à six cellules et quatre couches :

1° Une zone centrale, uniforme, englobant le noyau, cette zone étant considérée comme un artefact résultant de la rétraction causée par les réactifs.

2° Une couche granuleuse entourant la précédente, parsemée de granulations arrondies de dimensions variables et prenant vivement l'hématoxyline ferrique.

3° Une couche uniformément colorée en gris pâle dans laquelle on peut distinguer quelques fines fibrilles au niveau desquelles la striation transversale est à peine visible.

4° Une écorce striée constituée de faisceaux de myofibrilles disposées de façon circulaire, oblique, ou longitudinale.

En 1904 Renaut recherche le trajet exact des myofibrilles. Il en distingue deux systèmes :

1° Un système superficiel, le feuillet plexiforme correspondant au système réticulé de Lehnert. Ce sont des enveloppes superficielles circonscrivant chaque cellule comme une coque. Les fibrilles sont parallèles entre elles et parallèles aux faces des éléments cellulaires.

2° Un système profond, indépendant du précédent

continu, représenté par des éléments parallèles à l'axe du faisceau. On peut les suivre d'une cellule à l'autre sans autre interruption apparente que celle duciment intercellulaire. Elles traversent le système superficiel et plus les travées de Purkinje tendent vers la simplification, plus ce système de fibres augmente d'importance tandis que les couches superficielles tendent à disparaître.

Renaut conclut de cette disposition que l'entrée en action du système plexiforme superficiel a pour effet de produire la rigidité de la travée, fournissant par sa contraction une sorte d'appui sur lequel l'action du système longitudinal s'applique et produit le raccourcissement longitudinal de la travée.

Marceau distingue trois variétés dans la couche des myofibrilles.

1° Les couches longitudinales de Renaut composées de fibrilles rectilignes ou légèrement sinueuses, parallèles à l'axe du faisceau. Elles sont abondantes dans l'intérieur même de la travée et deviennent plus rares à sa périphérie.

2° Des couches fibrillaires transversales entrecroisées avec le système longitudinal, constituant des boucles sur la surface des éléments cellulaires.

3° Des fibres isolées dont la direction est généralement parallèle aux bords cellulaires. Elles sont, pour l'auteur, de caractère embryonnaire et sont destinées à se transformer en fibrilles de la seconde variété. Au niveau de la continuité du faisceau avec la fibre myocardique, les cellules s'allongent et

demeurent fusiformes. La couche des fibres transversales s'atrophie de plus en plus et les fibres longitudinales deviennent plus abondantes de telle sorte que finalement, toutes les fibrilles se trouvent orientées dans le sens des fibres cardiaques.

En 1906 Tawara montre que le faisceau auriculo-ventriculaire de His est composé de fibres de Purkinje et que ce faisceau ne se termine pas au point où il pénètre dans la cloison musculaire interventriculaire. Il se poursuit dans les régions les plus profondes de la paroi ventriculaire. L'auteur met en évidence la continuité des branches du faisceau de His avec les fibres de Purkinje.

En 1908 Mœnckeberg met en lumière l'existence de gouttelettes de glycogène dans les cellules de Purkinje. Il attache une grande importance à leur présence et ajoute que ces éléments constituent un critérium de différenciation entre les cellules de Purkinje et les cellules myocardiques proprement dites, car celles-ci ne contiennent pas trace de glycogène.

En 1914 Lange s'efforce de donner une base anatomique de la théorie myogène de la contraction cardiaque. Il montre les principaux caractères structuraux du faisceau de His : constitution nettement syncytiale, abondance du sarcoplasme, rareté des fibrilles, forte teneur en glycogène. Il insiste sur sa ressemblance avec le tissu de Purkinje qui n'en est d'ailleurs que l'épanouissement. Il soupçonne une évolution du tissu de Purkinje en montrant la varia-

bilité de constitution histologique du faisceau de His qui se rapproche tantôt de celle du myocarde ordinaire, tantôt du réseau de Purkinje proprement dit, et cela suivant les espèces animales. Enfin Lange combat l'opinion de Keith et Mackenzie qui admettent que le faisceau de His doit sa spécialisation à l'abondance des cellules ganglionnaires et des fibres nerveuses.

Il résulte de ces différents travaux que la conception la plus acceptable du réseau de Purkinje est celle d'une formation syncytiale représentant un tissu myocardique embryonnaire. L'hypothèse des cellules accolées, soutenue par Ranvier n'est plus admissible. La conception de Max Lehnert, basée sur la continuité des myofibrilles serait plus acceptable. Mais Lehnert avait poussé trop loin sa conception dualiste en y considérant deux éléments distincts : les cellules globuleuses et le réseau musculaire fibrillaire. C'est à une hypothèse uniciste qu'il est plus logique d'accorder la préférence. Quand à la signification morphologique, l'hypothèse émise au début par Aeby est satisfaisante pour l'esprit ; la continuité que l'on observe au niveau de l'union des fibres de Purkinje et des fibres myocardiques est en faveur de la théorie de tissu cardiaque primitif. L'hypothèse de Minervini, d'après laquelle il s'agirait d'état hydropique de cellules musculaires restées sans fonctions ne peut-être que rejetée : la fonction des cellules de Purkinje a été mise en lumière par les travaux récents, ainsi que nous le

dirons, concernant la physio-pathologie cardiaque. L'hypothèse de Marceau d'après laquelle les cellules de Purkinje sont des vestiges ancestraux d'une formation musculaire disparue n'est pas non plus à retenir car pour cet auteur, ces éléments représenteraient une des formes *définitives* vers lesquelles peuvent évoluer les fibres embryonnaires du myocarde : soit cellules de Purkinje, soit fibres myocardiennes. Il existe, ainsi que nous le montrerons, un processus bio-mécanique de transformation de la fibre lisse en fibre striée, et les fibres de Purkinje s'imposent comme un *stade de transition* dont l'immobilité morphologique n'est peut-être qu'apparente entre ces deux extrêmes :

Lorsque Purkinje découvrit le tissu qui porte son nom dans le cœur du mouton, et dans celui du veau, où son existence est macroscopique, il chercha vainement à retrouver ce tissu chez l'homme. Depuis cette époque de nombreux auteurs ont nié son existence dans le cœur humain. Parmi eux citons Aeby (1862) Obermeier (1866) Lehnert (1868) Frisch (1869) Krause (1876) Duval (1897) Minervini (1899) Hoffman (1902) Fahr (1907). Tandis que d'autres auteurs tels que Schweiger-Seidel (1871) Henle (1876) Gegenbauer (1877) étaient d'un avis opposé. Enfin en 1906 le mémoire de Tawara que nous avons déjà cité, mit au point la question.

Mais l'intérêt qui s'attache au tissu de Purkinje et au faisceau auriculo-ventriculaire n'est pas seulement d'ordre anatomique et histologique. Il est

également d'ordre pathologique et biologique. Son étude a conduit à une théorie myogène de la contraction cardiaque, théorie à l'appui de laquelle viennent s'inscrire les récents travaux sur le rythme du cœur dont la précision est devenue beaucoup plus grande depuis la découverte du galvanomètre à corde. D'autre part la conception myogène de la contraction cardiaque et celle de la nature neuro-musculaire des fibres de Purkinje ne pouvaient manquer de suggérer certaines comparaisons sur l'automatisme myogène d'autres organes. Aussi n'est-il pas surprenant que l'étude histologique des cellules de Purkinje ait suscité un vif intérêt.

TECHNIQUE

Avant d'exposer les données histologiques nouvelles concernant l'histologie des cellules de Purkinje et du faisceau auriculo-ventriculaire nous pensons qu'il peut être utile d'indiquer certains détails de technique. La découverte du faisceau auriculo-ventriculaire est aisée chez le mouton, pris dès le début comme animal d'étude. Cette découverte est plus délicate chez l'homme où cependant l'observation histologique est plus directement intéressante. Aussi indiquerons-nous dans ce but deux techniques suivant que l'on dispose d'un cœur humain très frais, ou provenant d'une autopsie effectuée un certain temps après la mort. Nous n'indiquerons la première méthode qu'à titre accessoire puisqu'en France il ne nous est pas permis de pratiquer d'autopsies avant le délai légal de vingt-quatre heures. A ce propos, nous ferons remarquer en passant combien cette disposition légale, assurément très respectable, est préjudiciable à l'obtention de certaines préparations. Il est des organes tel que l'épithélium rénal par exemple, dont l'altération est des plus rapides après la mort. Le retard au prélève-

ment et à la fixation constitue une cause de modifications morphologiques, qui s'ajoute à celles trop nombreuses déjà, mais inévitables qui résultent de la technique histologique elle-même et qui produisent par rapport à l'aspect réel du tissu vivant que nous ignorons, des altérations dont nous ne pouvons imaginer l'étendue puisque nous remontons par la pensée de la préparation fixée et colorée à sa morphologie de l'état dynamique.

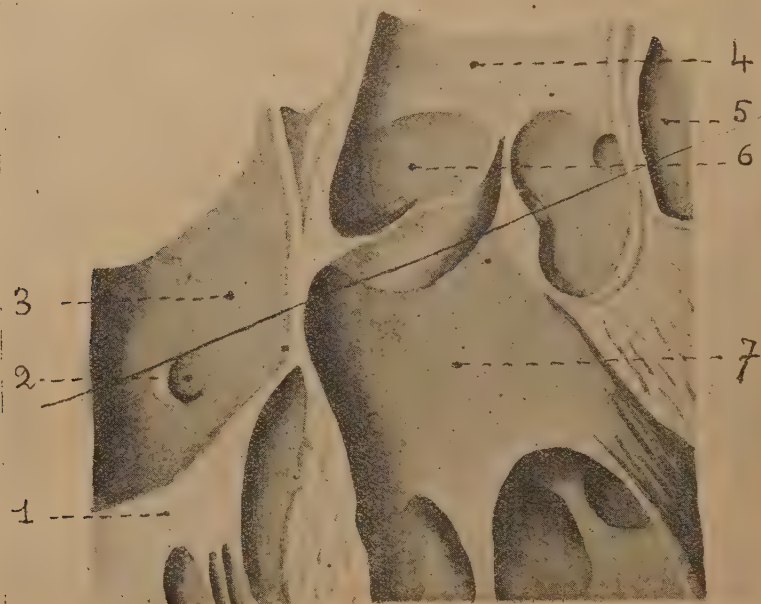
MM. Rénon et Géraudel ont décrit il y a une dizaine d'années une technique d'examen du faisceau de His, prélevé dans les conditions ordinaires de l'autopsie, que nous résumerons en raison de son intérêt pratique. Ces auteurs font remarquer que, dans la difficulté que l'on éprouve à repérer la région utile du cœur où doit être effectué le prélèvement, on prélève généralement un fragment de tissu trop volumineux dont les manipulations, après une fragmentation nécessaire, augmentent inutilement le travail. Aussi préconisent ils la fixation du cœur en son entier, avant toute ouverture au lieu d'immerger le fragment du tissu dans le fixateur, cette méthode ayant l'avantage de fixer les rapports et « d'assurer une base fixe au repérage précis du bloc à prélever. » On plonge le cœur dans une solution de formaline à 10 0/0 pendant deux à trois jours. On ouvre ensuite le cœur droit suivant la technique classique, avec cette seule différence qu'il faut respecter la veine cave supérieure en raison de la présence à ce niveau du nœud de Keith

et Flack. Pour cela, après avoir incisé la paroi ventriculaire droite en faisant sortir le couteau par l'artère pulmonaire, on pratique une seconde section en faisant pénétrer le couteau par l'orifice auriculo-ventriculaire et en le faisant ressortir par la paroi antéro-externe de l'oreillette droite, au niveau de l'auricule. On complète alors l'ouverture du cœur droit par l'ablation du lambeau triangulaire qui résulte de ces deux incisions.

C'est en effet au niveau du cœur droit qu'il convient de prélever la pièce. On mène alors une droite réunissant la valvule d'Eustachi au sommet supérieur d'un triangle tendineux constitué par les deux sinus de Valsalva, le sinus coronaire droit antérieur et le sinus non coronaire postérieur. Ce triangle est en réalité visible au niveau de la face gauche de la paroi septale, mais elle correspond sur la face droite au point de jonction des lignes d'insertion des deux valves de la tricuspide : la grande valve septale et la valve antérieure externe.

Cette ligne, disent les auteurs, laisse au-dessous d'elle le faisceau de His à une distance de 2 millimètres environ. Et une seconde ligne menée parallèlement à la précédente un peu au-dessous du bord inférieur du sinus coronaire, laisse au-dessus d'elle le faisceau de His. On coupe ensuite transversalement juste en avant de la valvule de Thébésius d'une part et en avant des piliers tendineux qui hérissent la face septale de l'infundibulum pulmonaire d'autre part. On obtient un fragment de 4 centimètres de

long sur 6 millimètres d'épaisseur environ. Après inclusion on pratique des coupes de 7 millièmes de millimètres d'épaisseur.



Coupe schématique de la cloison auriculo-ventriculaire
(d'après TESTUT).

1. Valve interne tricuspide.
2. Orifice sinus coronaire.
3. Oreillette droite.
4. Aorte.
5. Artère pulmonaire.
6. Sinus de Valsalva non coronaire postérieur.
7. Valve interne mitrale.

Les auteurs font ensuite remarquer que, chez l'homme, les colorations habituelles ne différencient pas suffisamment les fibres du faisceau de His, des fibres myocardiques. Mais ils se basent sur le fait, à propos duquel nous avons déjà insisté dans

l'historique, de la richesse en fibrilles élastiques de ce tissu ; la coloration de ces fibrilles, par la méthode de Weigert à la fuchsiline avant de colorer au Van Gieson donnera au faisceau une teinte foncée tranchant sur les tissus avoisinants plus clairs. On peut aussi chercher l'inverse, différencier le faisceau par une coloration moins intense que le reste de la préparation. On y parvient par le mélange de Mallory qui colore les fibrilles élastiques en bleu pâle tandis que les fibres conjonctives apparaissent colorées en bleu franc, les fibres myocardiques sont teintées en rouge vif.

Dans ces conditions, on trouvera sur la coupe le faisceau de His entre l'insertion mitrale d'une part et le point de convergence des lignes d'insertion de la valve septale et de la valve antéro-externe d'autre part.

Au cas où l'on pourrait prélever un cœur parfaitement frais — cas évidemment exceptionnel — on pourrait se dispenser de la technique de repérage ci-dessus indiquée, qui est relativement compliquée. Pour être sûr que les fibres du faisceau se trouvent dans l'épaisseur de la fibre prélevée, il suffit de regarder la section transversale de la pièce aussitôt après la coupe. On remarque alors que la rétraction du faisceau, toujours plus notable que celle des fibres myocardiques produit une petite dépression à la surface de la coupe. Ce moyen de repérage du faisceau est signalé par Van der Stricht et Wingate Todd.

LE TISSU DE PURKINJE DU CŒUR

DIVERS STADES ÉVOLUTIFS DES CELLULES DE PURKINJE

Nous allons maintenant exposer des faits nouveaux qui résultent de travaux récents sur le tissu de Purkinje faits à l'étranger. Ces faits sont relatifs à la vascularisation du tissu, à son examen à la lumière polarisée et à la découverte dans sa structure de cellules à disposition étoilée, avec entrecroisements fibrillaires, analogues aux cellules d'association du système nerveux central qui sont comme autant de « nœuds » histologiques sur le tractus auriculo-ventriculaire.

Récemment, deux auteurs étrangers, Van der Stricht et Wingate Todd ayant eu l'occasion d'examiner un cœur humain provenant d'un sujet ayant succombé à une myocardite chronique syphilitique, estimèrent nécessaire, afin d'en mieux décrire les lésions, de poursuivre à ce propos l'étude du tissu de Purkinje dans le cœur normal. Leurs observations à cet égard portèrent sur le cœur d'un homme vigoureux de 36 ans, chez lequel toute possibilité de cardiopathie pouvait être écartée et qui succomba à une pneumonie. L'autopsie put être faite immédiatement après la mort et le cœur était encore chaud quand il parvint au laboratoire. L'examen macroscopique montra que les examens microscopiques allaient porter sur un organe absolument

normal. La longueur de l'origine de l'artère pulmonaire à la pointe était de 97 millimètres. Le péricarde, les oreillettes droite et gauche étaient d'aspect normal. La cloison auriculaire droite au niveau de l'auricule mesurait 4 millimètres d'épaisseur : celle de l'oreillette gauche au niveau des orifices des veines pulmonaires mesurait 3 millimètres d'épaisseur. La cloison ventriculaire droite entre les muscles papillaires mesure 6 millimètres d'épaisseur, mais la moitié au moins en est attribuable à la graisse. L'épaisseur de la paroi ventriculaire gauche est de 11 millimètres dont un provenant de la graisse. Il n'y a pas d'endocardite apparente, les orifices et les valvules sont d'aspect normal, les orifices des artères coronaires sont normaux. Il n'y a pas d'athérome de l'aorte.

Les auteurs ont employé comme fixateurs les liquides de Flemming et de Bouin, fixant dans chacun d'eux une moitié de chaque pièce. Ils ont prélevé divers fragments du faisceau auriculo-ventriculaire à différents niveaux. Avant l'inclusion dans la paraffine les pièces ont été colorées en bloc avec du carmin boracique. Après inclusion, les pièces ont été dressées à angle droit perpendiculairement à l'axe du faisceau et tangentielllement à l'endocarde. Après fixation dans le Bouin, une série de coupes a été colorée à l'hématoxyline rouge congo, une autre série par la méthode de Mallory.

Non seulement la morphologie des cellules de Purkinje varie d'une extrémité à l'autre du faisceau

ainsi que nous l'avons déjà dit à propos de la continuité avec les fibres myocardiques. Mais encore, à un même niveau, on trouve souvent des cellules d'aspect et de morphologie variable. Aussi, Van der Stricht et Wingate Todd distinguent-ils trois types cellulaires principaux : des cellules de Purkinje de type embryonnaire — des cellules adultes — des cellules de transition typiques. Entre ces éléments, il peut évidemment exister tous les types de transition possibles. Et cette différenciation est attribuable à des degrés variables de développement.

Comme ces observations ont trait à un cœur d'homme adulte, l'on est alors en droit de se demander si une lente évolution de l'un dans l'autre type ne se poursuit pas durant toute la vie.

Cellules de Purkinje de type embryonnaire

Les cellules de Purkinje de type embryonnaire sont des éléments qui n'ont subi que peu de transformation par rapport au tissu cardiaque primitif. On les trouve en grande abondance dans le cœur de l'homme adulte où elles prédominent surtout au niveau des ventricules. Elles se présentent sous la forme de gros éléments polyédriques, polygonaux ou prismatiques, plus longs que larges. Elles possèdent habituellement plusieurs petits noyaux ovales et de dimensions égales au nombre de deux à cinq. Leur cytoplasme est constitué de deux zones : une zone centrale périnucléaire, granuleuse, formée de grains

mitochondriaux disposés en filaments et une zone corticale fibrillaire. Dans la zone centrale, on trouve des éléments pigmentaires ou grassex isolés, ou agglomérés. Entre ces granulations, on voit une substance claire tantôt homogène et unie, tantôt formée d'un délicat treillis dans les mailles duquel on voit un liquide pâle. On y trouve aussi parfois des myofibrilles isolées, striées transversalement, quelquefois réunies en minces faisceaux.

La couche corticale est constituée de myofibrilles séparées par un sarcoplasme granuleux d'épaisseur variable contenant des mitochondries. Elles se groupent en faisceaux. Ce qui différencie ces éléments des éléments myocardiques, c'est l'abondance du sarcoplasme. Mais aussi le fait que la striation longitudinale apparaît ici plus nette que la transversale. Au contraire, les cellules du miocarde offrent toujours une striation transversale mieux marquée. C'est cette différence dans la striation qui les différencie peut-être le mieux, plus encore que le nombre des noyaux et la richesse relative en sarcoplasme.

Il existe d'ailleurs, de nombreux intermédiaires, et c'est précisément d'après le sens de la striation que l'on peut le mieux apprécier l'existence de formes intermédiaires, entre les cellules de Purkinje et celle du myocarde. Or il existe au niveau des cellules de Purkinje de type embryonnaire des formations étoilées dont le rôle semble être la transmission de l'onde contractile dans différentes directions. Ces formations constituent les points nodaux

(Knotenpunkt), qui coexistent souvent avec des dispositions cellulaires voisines et moins complexes.

Van der Stricht et Wingate Todd distinguent plusieurs formes de cellules de Purkinje de type embryonnaire :

1° Des cellules avec myofibrilles parallèles.

2° Des cellules à fibrilles entrecroisées de directions variables.

3° Des cellules à dispositif fibrillaire plexiforme. Les fibrilles entrecroisées constituent un véritable plexus fibrillaire intra-cellulaire. Cette disposition permettant la propagation de l'onde contractile aux cellules avoisinantes dans différentes directions.

4° En outre, il existe entre deux faisceaux longitudinaux des cellules interposées dont l'axe est parallèle à la direction générale du faisceau. Ces cellules peuvent se retrouver soit entre deux faisceaux de Purkinje soit entre un faisceau de fibres de Purkinje et un faisceau de fibres cardiaques. Ce sont des éléments irrégulièrement polyédriques, un peu plus longs que larges dont le système fibrillaire peut être tantôt parallèle, tantôt entrecroisé et plexiforme. Ces fibrilles passent sans interruption dans la cellule d'association, réunissant ainsi deux piles de cellules pour s'anastomoser avec leur système de fibrilles longitudinales. Ces éléments rappellent par leur disposition les cellules d'association du système nerveux central qui transmettent l'influx nerveux entre les différents éléments du système cérébro-spinal.

5° Enfin il existe en certains points une disposition cellulaire plus complexe. Ce sont des figures constituées par l'association de trois corps cellulaires dont les systèmes fibrillaires s'entrecroisent pour former une sorte de grillage, un treillis, dans les mailles duquel on trouve du tissu conjonctif. On a parfois l'aspect d'un véritable syncytium. Les myofibrilles s'entrecroisent et forment ainsi de nombreux espaces interfibrillaires.

Au niveau du ventricule gauche surtout on trouve des dispositions de cet ordre qui en réalisent le type le plus complet. Ce sont des cellules de Purkinje de type embryonnaire, courtes et larges qui se disposent tout autour d'une cellule centrale comme les rayons d'une roue. Les myofibrilles des éléments périphériques pénètrent dans la cellule centrale et s'entrecroisent à son intérieur pour se poursuivre ensuite dans les éléments périphériques correspondants du côté opposé. Wingate Todd et Van der Stricht n'ayant pas observé de limites entre l'élément central et les cellules périphériques tendent à admettre la nature syncytiale de ces formations.

Déjà Tawara, dans son mémoire de 1906, à propos de la description du faisceau auriculo-ventriculaire du mouton, insistait sur l'existence de figures étoilées, réticulées et plexiformes. Il décrit des treillages complexes, formés de fibres ténues présentant une striation transversale à peine visible, dans les mailles duquel on trouve du tissu graisseux et de petits vaisseaux. Ces treillis constituent un système

étoilé autour d'un nœud central au niveau duquel les fibrilles s'entrecroisent dans toutes les directions. Il décrit dans le cœur du chien, au niveau du segment ventriculaire du faisceau, des points nodaux aux points de division des faisceaux.

En ces endroits, dit-il, les fibrilles s'écartent les unes des autres comme les doigts de la main grande ouverte. Elles constituent un treillis complexe en se reliant avec d'autres fibrilles.

Mœnckeberg en 1908 confirma les conclusions de Tawara. De même Lydia de Witt en 1909. Cet auteur, étudiant les fibres de Purkinje du chien, de la vache, du chat et de l'homme, déclare que les fibres s'anastomosent entre elles, non par simple fusion comme dans le myocarde, mais par la formation de systèmes nodaux étoilés, point de réunion de deux, trois ou plusieurs fibres. A l'intérieur même du nœud, les fibres perdent toute individualité; leur fusion est complète; les fibrilles provenant de fibres différentes se mélangent confusément.

A part ces formations nodales d'aspect syncytial, les cellules de Purkinje de type embryonnaire possèdent généralement des limites assez nettes. Ces éléments affectent la forme polyédrique; celle-ci étant due à la présence d'un fin tissu conjonctif, souvent vascularisé, sorte d'endomysium ou encore à l'existence de véritables zones intercalaires. Ces zones limitantes sont d'ailleurs traversées par les myofibrilles qui se continuent de cellule en cellule.

Cellules de Purkinje de type adulte

A côté de ces gros éléments larges et courts, il existe des cellules allongées, cylindriques, ou prismatiques par le fait d'une pression réciproque. Ce sont les cellules de Purkinje de type adulte. Sur une coupe transversale, elles donnent l'aspect d'une figure carrelée, rappelant le groupement de cellules cartilagineuses, hypothèse qui fût d'ailleurs envisagée lors de leur découverte ainsi que nous l'avons dit.

Ce sont ces éléments qui constituent la plus grande partie des fibres de Purkinje notamment dans le trajet du faisceau auriculo-ventriculaire ; elles possèdent pour la plupart plusieurs noyaux. Ces noyaux, égaux en dimensions sont un peu plus gros que ceux des cellules de type embryonnaire. Parfois on peut trouver des noyaux de dimensions plus considérables. Ils sont arrondis ou ovalaires et leur morphologie rappelle celle des noyaux des fibres myocardiques. Ce fait est d'interprétation aisée car ce type de cellules de Purkinje étant plus évolué est moins éloigné de la cellule myocardique. Elles sont constituées par du sarcoplasme et des myofibrilles. Le sarcoplasme est une substance claire réticulée.

Il contient également des mitochondries ainsi que Mironesco l'a montré. Cet auteur s'est adressé au cœur du mouton et a traité ses préparations par les méthodes de Sjovall, Regaud, Altmann, Benda, Maximow-Rubaschkin. Grâce à ces méthodes, il a pu distinguer dans les cellules de Purkinje le chon-

driome qui est constitué par de nombreux chondriocotes en partie flexueux, les uns courts, les autres longs, parfois affectant la forme de fines fibrilles. En outre il a vu des mitochondries apparaissant sous la forme de grains ou de petites vésicules. Par la méthode de Sjovall on ne voit que les mitochondries en forme de grains et de vésicules à la périphérie des cellules et en petit nombre autour du noyau, tandis qu'à l'aide des autres méthodes, on voit aussi les chondriocotes de différentes dimensions disposés à la périphérie de la cellule. Mironesco ajoute que dans les préparations fixées et colorées d'après la méthode de Benda il a constaté des images de fibrilles embryonnaires. Il fait remarquer en outre que les cellules qui possèdent d'abondantes fibrilles musculaires ont aussi de nombreuses mitochondries surtout en forme de petites vésicules, tandis que les cellules qui contiennent des chondriocotes ne possèdent qu'un nombre relativement faible de mitochondries, celles-ci se présentant plutôt sous forme de grains.

Aussi, en raison de la présence de ces mitochondries, Mironesco pense que les cellules de Purkinje constituent une véritable réserve embryonnaire du myocarde, les cellules possédant d'abondantes fibrilles nettement différenciées et des mitochondries en vésicule étant probablement des éléments plus évolués que les autres. Il existerait donc une véritable évolution des cellules de Purkinje qui se poursuivrait lentement pendant la vie, pour aboutir à la for-

mation, ou tout au moins en tendant vers la fibre du myocarde vrai, ce qui implique comme conséquence évidente que la quantité ou somme de tissu cardiaque primitif tend progressivement à diminuer à mesure que le sujet avance en âge. Nous reprendrons cette conception plus loin, à propos de la différenciation de la fibre musculaire striée.

Les cellules de Purkinje de type adulte présentent une couche périphérique corticale fibrillaire dont l'aspect est surtout net sur les coupes transversales. Cependant cette disposition périphérique des fibrilles n'est pas absolue.

Wingate Todd et Van der Stricht font remarquer que, au niveau de certains éléments, les fibrilles sont presque aussi abondantes au centre qu'à la périphérie, de telle sorte qu'il devient impossible alors d'établir une ligne de démarcation entre la couche périphérique et la couche centrale. On trouve surtout cette disposition morphologique dans certaines cellules de Purkinje de type embryonnaire, dans les segments auriculaires du faisceau. Et c'est même là ce qui constituerait pour ces auteurs, le caractère différentiel des coupes du faisceau au niveau des oreillettes. Dans les ventricules au contraire, les fibrilles sont plus souvent disposées presque uniquement à la périphérie de l'élément. Cependant, les mêmes auteurs ajoutent qu'on peut retrouver dans l'oreillette de gros éléments présentant une courbe sarcoplasmique centrale parfaitement nette et qu'inversement, il est possible de trouver dans les ven-

tricules, des cellules possédant des myofibrilles uniformément réparties dans le corps cytoplasmique.

Les myofibrilles se groupent en sarcostyles ; la forme du sarcostyle dans le tissu de Purkinje est très variable d'une cellule à l'autre. Ce sont tantôt des colonnes prismatiques, tantôt des tiges ou des cylindres creux constitués d'une gaine myofibrillaire périphérique entourant le sarcoplasme central.

Division des cellules de Purkinje

Au point de vue de la division des cellules de Purkinje, Heidenhain avait déjà signalé en 1902 un processus de division longitudinal dans lequel il décrit la segmentation des « fibres mères » en « fibres filles ». Il existe alors des solutions de continuité ayant l'aspect de fentes, remplies d'une substance claire dans laquelle toute striation transversale a disparu. On trouve à ce niveau une membrane analogue au sarcolemme, en continuité avec les disques Z des myofibrilles voisines. Cette membrane, primitivement unique, se divise en deux autres, chacune d'elles adhérant à la fibre-fille.

Ayant repris cette étude, Vander Stricht et Wingate Todd, observent sur des coupes transversales qu'il existe un stade préparatoire à la division longitudinale. Alors que dans les cellules du type ordinaire, on trouve une couche périphérique myofibrillaire quasi régulière, il existe certaines cellules en

voie de division qui se trouvent à demi segmentées en deux ou trois lobes par des cloisons fibrillaires qui s'enfoncent à l'intérieur du cytoplasme. Puis dans le temps suivant, l'endomysium qui entoure la cellule-mère se développe dans l'intérieur de la cloison fibrillaire intracytoplasmique et subdivise le corps cellulaire en deux ou plusieurs cellules-filles symétriques ou asymétriques.

Pour ces auteurs, ces cloisons intracellulaires tirent certainement leur origine de l'endomysium avoisinant. Elles sont d'abord minces, puis elles s'épaississent après la séparation des cellules-filles. Ils font remarquer également que les cloisons de clivage contiennent des capillaires et que ceux-ci précèdent et dirigent le développement du tissu conjonctif à l'intérieur de la cellule. Ils comparent ce phénomène à ce que l'on observe dans les bourgeons ostéogènes qui pénètrent dans le centre d'ossification de l'os au moment de la résorption du cartilage calcifié.

Les cellules de Purkinje possèdent de nombreux noyaux, et il serait intéressant de savoir si leur division s'effectue suivant le mode mitotique ou suivant le mode amitotique. Mais sur ce point, les auteurs considèrent que la question n'est pas encore tranchée à l'heure actuelle. Plusieurs auteurs, notamment Tangl, Hayer, Schockaert, ont observé des figures du mitose au niveau des fibres myocardiques chez le fœtus. Solger, au contraire est partisan de la division directe, mais il est par la suite

obligé de reconnaître que les noyaux proviennent en partie de division directe et en partie de division indirecte.

Pour Schockaert, il existe certainement des figures de mitose. Cet auteur en a décrit les étapes. Dans l'anaphase et la télophase il décrit un corpuscule intermédiaire.

Van der Stricht fait remarquer que si les nombreux noyaux que l'on retrouve dans les cellules de Purkinje proviennent d'un processus mitotique, le phénomène de division longitudinale doit être considéré comme un stade terminal de la division cellulaire, survenant chez l'homme adulte, des années après la mitose. Ce fait ne serait d'ailleurs pas isolé car on a décrit des divisions analogues au niveau des organes hématopoïétiques des mammifères.

On pourrait donc considérer les noyaux lobulés comme des noyaux multiples fusionnés pendant la télophase. Quant à la division du cytoplasme, elle serait très retardée. Enfin quand le noyau a acquis ainsi de trop grandes dimensions il se fragmente en deux, prenant ainsi parfois l'aspect d'une plaque équatoriale. De la sorte, une espèce de division directe retardée, viendrait compléter, d'après cette conception, de nombreuses mitoses antérieures.

Marceau pense que chez l'adulte les cellules de Purkinje ont conservé la faculté de se diviser. Il a observé en effet des cellules en forme de huit de chiffre renfermant un noyau dans chacune des deux

boucles et présentant entre elles de très fines fibrilles destinées à compléter la couche périphérique fibrillaire des cellules-filles.

Tandis qu'à la naissance les fibres cardiaques proprement dites ont atteint leur développement en nombre et n'ont plus qu'à s'accroître, et acquérir leur structure définitive, au contraire les fibres de Purkinje sont un tissu embryonnaire, une sorte de réserve du myocarde, ainsi que nous l'avons dit. Il n'est donc pas surprenant que leur développement et leur multiplication cellulaire se poursuivent jusque chez l'adulte.

Le problème de la division des cellules de Purkinje est voisin de celui de la nature syncytiale de ce tissu. Certains auteurs avaient décrit des cloisons intercellulaires. Mais récemment Jordan et Banks ont montré que ces lignes de jonctions apparentes n'utilisent qu'une partie de l'épaisseur de la couche fibrillaire. A ce niveau quelques segments myofibrillaires seraient modifiés dans leur composition chimique ainsi qu'il résulte des travaux de Browicz, Mac Callum, Hoyer. En outre Van der Stricht et Wingate Todd ont observé qu'au niveau de ces cloisons apparentes, les myofibrilles ont une disposition spéciale : elle s'anastomosent en se ramifiant. Il ne s'agit donc pas de cloison vraie comme l'avait cru Ranvier ; la modification chimique du trajet fibrillaire à ce niveau, explique son affinité élective en ce point pour certains colorants ou réactifs, et la disposition réticulée d'une partie de

la couche fibrillaire, par leur entrecroisement, figure une zone continue en apparence.

Cellules de Purkinje de transition

Renaut, à propos de la disposition de la couche myofibrillaire avait décrit le passage et la continuité avec les fibres myocardiques par diminution de la couche réticulée et augmentation de la couche des fibrilles longitudinales. Il existe à ce niveau des cellules de transition entre les cellules de Purkinje et les cellules du myocarde.

Tantôt cette transition s'opère graduellement, tantôt elle survient brusquement. Parfois même on peut observer des cellules de Purkinje typiques au sein de cellules de transition ou encore au début d'une fibre myocardique. Van der Stricht et Wingate Todd pensent que dans le cœur de l'homme adulte il existe une transformation des fibres de Purkinje en fibres myocardiques, par une lente évolution. Ces auteurs se basent sur les trois faits suivants :

1° Il existe au sein du tissu de Purkinje de nombreuses fibres myocardiques vraies. Ces cellules ne peuvent provenir que de la transformation du tissu de Purkinje.

2° Sur des coupes transversales, ayant pour but d'étudier le clivage des cellules de Purkinje, on peut observer que des cellules-filles, peu après leur sépara-

tion, offrent la morphologie de cellules myocardiques. C'est là le fait fondamental qui rend compte du précédent.

3° L'existence d'éléments de transition.

L'étude de cette série de types de cellules de Purkinje nous montre l'évolution progressive d'éléments musculaires cardiaques. La conception de Marceau nous semble donc en partie inexacte. Car pour cet auteur, les cellules de Purkinje représenteraient un type stable, définitif, incapable d'évoluer vers la fibre myocardique. L'étude du chondriome, celle de la division cellulaire viennent s'inscrire contre cette hypothèse. Le sarcoplasme abondant des cellules de Purkinje reste toujours susceptible de différenciation. Quand la contractilité du cœur nécessite de nouvelles fibres cardiaques, celles-ci sont produites par les cellules de Purkinje qui n'avaient eu jusque là pour rôle que de transmettre l'onde contractile, ainsi d'ailleurs que la pathologie le montre nettement, notamment dans la maladie de Stokes-Adams.

Les myofibrilles des cellules de Purkinje et la transmission de l'onde contractile

Comment peut-on se représenter la transmission de cette onde contractile ?

Le caractère essentiel du tissu de Purkinje, tant auriculaire que ventriculaire, c'est sa richesse en sarcoplasme interfibrillaire. C'est pourquoi ce tissu

se remarque par son aspect moins compact que le tissu musculaire cardiaque proprement dit. D'une manière générale plus un élément musculaire est riche en sarcoplasme, moins il abonde en fibrilles différenciées, et dans ce cas on admet que sa contraction est relativement plus lente. S'il s'agissait ici d'une contraction élémentaire propagée de proche en proche, on pourrait penser que l'onde serait transmise avec une vitesse faible à cause de la richesse en sarcoplasme des tissus de Purkinje. Or il n'en est rien. Des recherches récentes ont montré que l'excitation se propage à travers le faisceau auriculo-ventriculaire avec une grande vitesse : elle atteint « toute la surface ventriculaire malgré son étendue en deux centièmes de seconde » (Lutembacher). Il y a donc là une fonction de conduction particulière dont la nature demeure obscure.

Du reste on tend actuellement, comme le remarquent Prenant puis Policard, à accorder moins d'importance à la richesse relative des fibres musculaires en sarcoplasme, en ce qui concerne leur rapidité de contraction. Ce qui paraît plus essentiel, c'est la complication plus ou moins grande de la striation transversale. Les myofibrilles des muscles des insectes qui se contractent avec une très grande rapidité, présentent la structure la plus complexe. Les myofibrilles des muscles lisses dont la contraction est lente sont au contraire homogènes.

Nous avons dit qu'à l'inverse du myocarde, la striation longitudinale paraissait plus marquée que la

transversale dans les fibres de Purkinje. Ce fait appelait de nouvelles recherches. Aussi Johnstone a-t-il eu l'idée d'examiner ces fibres à la lumière polarisée. Cet auteur rappelle que la striation transversale due à l'alternative des disques clair et sombre devient plus nette à la lumière polarisée parce que la substance composant le disque sombre possède la propriété de la double réfraction. Au microscope polariseur, on constate que les disques sombres deviennent clairs et que les disques clairs deviennent sombres, les premiers étant dits isotropes et les seconds anisotropes. Johnstone a constaté par cette méthode l'existence de ces disques dans les fibres de Purkinje, argument en faveur de leur nature musculaire striée au moins dans les fibres adultes et les fibres de transition.

En outre, le même auteur, ayant injecté les coronaires du cœur du chien aussitôt après avoir sacrifié l'animal, constate la pauvreté vasculaire du faisceau auriculo-ventriculaire, comparativement à la richesse vasculaire du myocarde. Au point de vue de la technique, il injecte le colorant à la seringue, avec une pression modérée, afin d'éviter une pression trop forte qui pourrait fausser les résultats. Les coupes après inclusion sont pratiquées parallèlement au grand axe des fibres de manière à obtenir des coupes de 25 millièmes de millimètre d'épaisseur. A l'examen au faible grossissement l'opposition des deux vascularisations est manifeste ainsi qu'on peut s'en rendre compte par la figure ci-dessous, emprun-

tée au travail de Johnstone. L'auteur en conclut que cette différence de vascularisation doit correspondre à une différence dans le mode de contractilité.



Inégalité entre la richesse vasculaire des fibres de Purkinje du faisceau auriculo-ventriculaire et celle de la fibre musculaire du myocarde.

Transformation expérimentale de la fibre lisse en fibre striée

L'évolution histologique lente des éléments de Purkinje qui se poursuit chez l'adulte semble plus probable encore depuis les travaux tout récents de

Carey sur la transformation histologique expérimentale du muscle lisse en muscle strié. Lewis, cité par Carey, avait montré que le cœur de l'embryon du poulet commence à battre vers la trentième heure d'incubation, réagissant à la tension excitatrice produite par la circulation, bien que la striation ne soit pas encore apparue au niveau du muscle cardiaque. Cette striation apparaît vers la 125^e ou la 130^e heure de l'incubation. Auparavant la structure du cœur est semblable à celle d'un muscle lisse.

Ces considérations amenèrent Carey à penser que la striation transversale est une réaction du protoplasme, en rapport avec la somme de travail produite par le mésenchyme cardiaque et que les battements cardiaques sont conditionnés par l'excitation hydro-mécanique provenant de l'accroissement constant de la masse circulatoire. Cet auteur chercha dès lors à réaliser expérimentalement ce qui se produit dans le cœur de l'embryon du poulet. Il y parvint en s'adressant à la vessie du chien.

Carey expérimenta sur un jeune chien de berger âgé de quatre semaines. Il plaça une canule en argent à demeure dans la vessie, cette canule étant reliée à un réservoir contenant une solution d'acide borique à 37°5, par l'intermédiaire d'un tube de caoutchouc. Sur le trajet de ce tube, il interposa un manomètre à mercure afin de suivre les contractions vésicales. Avant l'expérience, l'auteur préleva un fragment de la vessie au niveau de l'orifice de

ponction, et constata que les coupes montraient du muscle lisse typique.

L'auteur fit alors passer dans la vessie plusieurs fois par jour la solution d'acide borique à des pressions variables qu'il nota. Ces expériences furent poursuivies pendant deux mois environ. Dès que le chien manifestait des signes d'intolérance dus à la surdistension vésicale, la circulation du liquide était suspendue jusqu'à ce que le liquide passât par l'urètre. A la fin des expériences, Carey constata que le passage du liquide à travers l'urètre s'accompagnait de contractions courtes, cloniques et rythmiques. Chaque série de contractions survenait toutes les deux minutes et chacune d'elles était constituée de 10 contractions. Un fragment de la vessie fut alors prélevé et montra la structure nette du muscle strié possédant la striation transversale.

L'auteur conclut que le muscle lisse peut être transformé en muscle strié et que cette transformation est conditionnée par l'élévation de tension du liquide qui se trouve à l'intérieur de l'organe. Cette tension produisant également des mouvements rythmiques.

Ces deux phénomènes, apparition de la striation transversale et apparition de mouvements rythmiques, ne sont peut-être pas nécessairement fonction l'un de l'autre. L'automatisme myogène en effet, est le propre du tissu embryonnaire musculaire ; et d'ailleurs les observations de Carey ont montré sur les coupes le début d'une striation transversale,

et non pas une striation transversale frappante.

Si l'on rapproche ces conclusions basées sur l'expérimentation, de celles basées sur l'observation que nous avons rapportées au sujet de l'évolution du tissu de Purkinje chez l'homme adulte, on voit que l'hypothèse d'après laquelle les cellules de Purkinje constituent une réserve embryonnaire du myocarde dont l'abondance diminue lentement pendant la vie du sujet est acceptable. Le myocarde s'accroît ainsi d'éléments nouveaux, jeunes, récemment formés, et cette transformation, si l'on considère les résultats des expériences de Carey, semble être conditionnée par « la tension du liquide à l'intérieur de l'organe », c'est-à-dire par la pression sanguine.

Nous émettons donc l'hypothèse que la pression du sang, par l'excitation mécanique qu'elle constitue conditionne la transformation chez l'adulte des fibres de Purkinje en fibres myocardiques. Pour Carey, c'est « l'augmentation » de la masse circulatoire qui produit le phénomène; c'est-à-dire qu'à une pression stable correspondrait une stabilité histologique. Mais la physiologie et la clinique ont montré que chez l'homme sain il existe durant le cours de l'existence une augmentation peu marquée, mais nette, très lente et très progressive de la tension artérielle.

Ce phénomène est donc peut-être en corrélation avec l'évolution du tissu de Purkinje. C'est là une pure hypothèse, qui nous est seulement suggérée par les faits, et que nous émettons sans preuves, mais

qui peut être le point de départ de nouvelles recherches.

En outre, l'expérience de Carey est un nouvel argument en faveur de la théorie myogène des contractions rythmiques, le système nerveux proprement dit du cœur n'intervenant que comme régulateur, accélérateur ou inhibiteur, de l'automatisme myogène.

Le tissu de Purkinje chez la tortue

Cette conception du tissu de Purkinje, envisagé comme une réserve embryonnaire du myocarde paraît plus acceptable encore lorsqu'on considère la structure histologique du cœur des vertébrés inférieurs. Il existe notamment dans le cœur de la tortue un tissu musculaire lisse, dont la persistance en assez grande abondance à l'âge adulte constitue en quelque sorte un argument en faveur de cette théorie. Ce fait a été récemment mis en évidence par Shaner. Reprenant les travaux commencés sur ce point par Bottazzi et Laurens, cet auteur décrit dans le cœur de la tortue un tissu musculaire lisse qui peut être suivi du sinus veineux, à travers l'oreillette, jusque dans le ventricule et de là dans les gros troncs artériels.

Le tissu musculaire lisse du sinus veineux se continue avec la tunique musculaire des gros troncs veineux.

Au niveau des oreillettes, il constitue un revête-

ment très épais situé directement sous l'endocarde, où il se sépare en deux masses principales ; dans le ventricule, chacune d'elles se divise aussitôt en de nombreux tractus sous endocardiques qui se ramifient jusqu'aux points les plus reculés de la cavité ventriculaire. Au niveau de la racine du bulbe ces tractus se continuent avec la tunique musculaire des gros troncs artériels. Il existe donc une inégalité manifeste dans la répartition du tissu musculaire lisse, celui-ci prédominant dans l'oreillette, pour se raréfier en se ramifiant dans le ventricule. Shaner remarque ensuite que ce tissu présente des caractères histologiques particuliers. Les cellules qui le constituent sont incluses dans une gaine de fibres collagènes abondantes, qui masque les éléments ne laissant transparaître que les noyaux. Ces fibres, richement anastomosées, présentent les réactions caractéristiques de tissu conjonctif ainsi qu'on peut le voir par les colorations à l'aide des méthodes de Mallory, Ribbert, Unna et Van Gieson. En dissolvant ces fibres collagènes par immersion des coupes pendant quelques minutes dans l'acide acétique, puis en les colorant par le violet de gentiane très dilué, l'auteur a étudié les éléments cellulaires proprement dits. Ce sont des éléments « extrêmement longs, minces et fusiformes » dont les noyaux très allongés ont pris la forme d'une spirale ou d'un tire-bouchon par suite de la fixation.

En raison de son réticulum fibrillaire, de sa nature musculaire lisse, ce tissu rappelle les fibres de

Purkinje des animaux supérieurs. Son abondance, qui semble plus grande dans le cœur de la tortue, paraît décroître à mesure que l'on s'élève dans la série animale. Evident chez la tortue, le tissu embryonnaire du cœur est de constatation facile chez le mouton ou le veau ; il est de recherche plus délicate chez l'homme à tel point qu'on a pendant un certain nombre d'années douté de son existence.

*
* *

Chez l'homme adulte il persiste donc un tissu cardiaque primitif. Ce tissu est condensé au niveau des points nodaux de Keith et Flack d'une part, d'Aschoff-Tawara d'autre part. Il se continue dans le faisceau auriculo-ventriculaire et s'épanouit sous la forme du réseau de Purkinje. Ce tissu a conservé les fonctions d'excitabilité et de production de stimulus à un plus haut degré que les fibres cardiaques, de telle sorte que normalement, après une période de repos c'est par lui que débute la nouvelle contraction. Celle-ci est transmise aux fibres myocardiques avec lesquelles le tissu de Purkinje est en continuité de telle sorte que les différentes cavités cardiaques se contractent dans l'ordre nécessaire. Cependant, si un autre point devient pathologiquement plus excitable que le nœud de Keith et Flack, la contraction débute en cet endroit, et l'excitation est alors transmise anormalement à travers le myocarde. Ce fait montre que le tissu cardiaque primitif possède

une propriété particulière, qui est celle du tissu myocardique lui-même, conservée à un plus haut degré.

Au cours de notre exposé des récents travaux dont le tissu de Purkinje a été objet à l'étranger, nous avons signalé l'existence chez lui de dispositions étoilées, de « nœuds » permettant de qualifier ce tissu de « tissu nodal ». C'est lui qui constitue dans le cœur le réseau de Purkinje proprement dit, continu avec les arborisations du faisceau auriculaire. Il constitue aussi le nœud de Keith et Flack et le nœud de Tawara de dimensions beaucoup plus grandes, que ces nœuds histologiques qui se trouvent compris dans l'intimité des fibres du faisceau auriculo-ventriculaire.

On ne peut s'empêcher de rapprocher le tissu nodal de l'automatisme myogène du cœur. Mackenzie déclare que « quelque spécialisée que puisse être la fonction nerveuse, musculaire, ou sécrétoire, elle peut toujours être rapportée à quelque propriété possédée par la cellule primitive... Dans l'évolution des fibres musculaires du cœur certaines fonctions de la cellule primitive sont conservées, les unes étant plus développées que d'autres suivant les fonctions que les fibres ont à remplir... Certaines fibres au niveau de l'embouchure des veines possèdent les fonctions d'excitabilité et de production de stimulus plus développées que d'autre, de sorte qu'après une période de repos, la contraction commence par elles. »

LE TISSU NODAL DES AUTRES ORGANES

Nous venons de voir que la faculté de se contracter rythmiquement paraît être une propriété inhérente à la fibre cardiaque de type embryonnaire. Mais le cœur n'est pas le seul organe à posséder la faculté de se contracter rythmiquement. Il en est de même du pylore, de l'utérus en période d'expulsion, et peut-être encore d'autres organes. On pouvait donc se demander si des recherches histologiques concernant ces organes n'aboutiraient pas à la mise en évidence d'un tissu analogue aux fibres de Purkinje du cœur.

*
* *
*

On sait qu'un utérus isolé des centres cérébraux spinaux et sympathiques est capable de se contracter rythmiquement. Cette proposition est basée sur un certain nombre de faits. Athias et Kurdinowski l'ont montré expérimentalement. On sait en outre qu'il existe des utérus dont on détruit expérimentalement toutes les connexions nerveuses et qui accouchent. On possède des observations de femmes paraplégiques dont la moelle est pathologiquement

sectionnée et qui accouchent parfaitement. En outre on a observé des utérus de lapines qui accouchent ou qui expulsent leur placenta après hystérectomie.

L'activité myogène de l'utérus semble donc ne pas dépendre de la cellule nerveuse. C'est une propriété de la cellule musculaire. Dans ses expériences, Kurdinowski fait passer dans les vaisseaux d'un utérus isolé du chloral qui paralyse les éléments nerveux. Malgré cette injection les contractions utérines persistent.

Or Ranvier dès 1871 avait montré que les fibres musculaires de l'utérus acquièrent pendant la gestation une striation transversale qui les fait ressembler aux muscles du squelette. « Les fibres musculaires de l'utérus — dit cet auteur — lisses en dehors de la grossesse sont nettement striées au moment de la parturition ».

Pour Retterer, cette striation transversale existerait en dehors de la gestation. Dans un mémoire concernant l'utérus du cobaye, Retterer et Lelièvre commencent par faire observer que la physiologie de l'utérus montre que la vie de cet organe est si l'on peut dire indépendante du reste de l'organisme. « C'est un animal vivant dans un autre animal ». Les mêmes auteurs étudiant comparativement les muscles de l'intestin des oiseaux et ceux du gésier, constatent que le gésier, qui se caractérise par ses contractions brusques et énergiques possède des fibres-cellules caractérisées par une trame élastique dont les larges mailles contiennent un hyaloplasme

abondant. Nous retrouvons ici l'abondance du tissu élastique et la richesse en sarcoplasme que nous avons notées dans le tissu de Purkinje.

Etudiant les cornes utérines de l'utérus non gravide du cobaye, Retterer et Lelièvre y décrivent des fibres-cellules petites avec une trame chromophile serrée, remplie d'un hyaloplasma rare et dense. Mais au cours de la gestation la trame et l'hyaloplasma s'accroissent, et en même temps les filaments de la trame perdent leur caractère élastique et se transforment en trabécules hématoxylinophiles ou chromophiles.

Sur des coupes des cornes utérines de l'utérus non gravide du cobaye, Retterer et Lelièvre ont trouvé après coloration à la fuschsine-résorcine, une « masse compacte et pleine avec des noyaux ovaires, longs de 15 μ environ et larges de 4 μ en moyenne. Ces noyaux sont réunis entre eux par un cytoplasma dont l'étendue comprise entre deux noyaux voisins varie de 1 à 4 μ . Au milieu des inter-lignes nucléaires la fuchsine colore en violet ou en noir des granulations ou de courts filaments contournés flexueux ou bifurqués dont l'ensemble figure, non point un réticulum continu, mais des fragments élastiques épars dans la masse cytoplasmique », C'est la description d'une masse syncytiale riche en fibres élastiques. Utilisant alors la coloration par la fuchsine résorcine et l'hématoxyline, Retterer et Lelièvre ont trouvé entre les noyaux des trainées de cytoplasme se colorant en noir et figurant une sorte

de cloison de protoplasma granuleux. Mais un examen plus approfondi de cette cloison leur montra qu'elle n'était pas une simple membrane séparant deux éléments cellulaires : de la face interne de cette pseudo-cloison partent des ramifications qui s'enfoncent dans la profondeur du corps cellulaire, s'y ramifiant et s'y anastomosant pour constituer un réticulum à mailles étroites.

D'autres auteurs, étudiant les mêmes éléments y auraient même distingué des stries longitudinales analogues aux myofibrilles.

Cependant, en dehors de la gestation, les stries transversales sont très courtes. On les voit difficilement parce que les stries longitudinales sont très rapprochées les unes des autres, le sarcoplasme est alors plus rare. Dans l'utérus gravide au contraire, dit Vignes, les stries longitudinales s'écartent et les stries transversales devenant plus longues se voient plus aisément.

Le même auteur fait observer que l'aptitude à prendre un aspect strié en long et en travers augmente avec le nombre des gestations. Il se produit, au cours de la vie génitale de l'utérus une véritable évolution. Au début, à l'état de nulliparité, la fibre musculaire présente les caractères du tissu embryonnaire. Mais sa striation devient de plus en plus nette à mesure que le nombre des gestations augmente. En somme le fibre utérine subit une évolution comparable à la fibre de Purkinje.

Vignes ajoute que la primiparité est une cause

bien connue de contracture, donc de la lenteur du travail. Ce fait s'explique puisque la striation se développe au fur et à mesure des gestations et que les fibres musculaires de l'utérus des primipares, peu riches en striation sont particulièrement aptes à faire de la contracture.

Le même auteur pense que la quinine aux doses courantes accélère l'accouchement dans les cas où la lenteur du travail est due à la contracture utérine. Cet auteur a observé des femmes dont le travail ne progressait pas, qui avaient des contractions faibles, mais des intervalles douloureux. Or sous l'influence de la quinine, les douleurs devenaient plus violentes et plus rapprochées, alors que les intervalles devenaient indolents. Il ajoute d'ailleurs qu'il ne s'agit là que d'une impression qui appelle vérification. Mais ce fait, l'action possible de la quinine sur la fibre utérine est à rapprocher de l'action du même corps sur la fibre musculaire cardiaque qui a été récemment étudiée par Clerc et Pezzi.

Il semble donc que la fibre musculaire utérine et la fibre musculaire cardiaque possèdent des traits communs : elles subiraient une évolution de la fibre lisse vers la fibre striée pendant la vie adulte, et il existerait dans le muscle utérin des zones syncytiales, riches en fibres élastiques dans lesquelles on peut retrouver des myofibrilles.

*
* *

Enfin nous signalerons que d'après Keith, il existerait au niveau de la musculature intestinale, en certains points, un tissu nodal neuro-musculaire. Ces points nodaux seraient le point de départ de contractions musculaires de l'intestin, et leurs lésions seraient susceptible d'engendrer soit une stase intestinale de degré variable, soit même un véritable iléus paralytique avec syndrome d'obstruction intestinale. Keith a récemment rapporté une observation concernant une dilatation kystique du caecum qui fut prise pour un kyste de l'ovaire, alors qu'il n'existait aucune bride, ni soudure ni obstacle d'aucune sorte qui puisse gêner le transit intestinal. L'examen histologique aurait montré des lésions du plexus d'Auerbach et des points nodaux. Nous ne citons ce fait que pour mémoire à cause de son caractère isolé et de son imprécision relative, mais il nous semble possible que l'automatisme myogène ne soit pas uniquement dévolu au cœur ou à l'utérus, et que ce puisse être là une propriété générale possédée à des degrés très divers par des organes de la vie végétative, tels que le cœur, l'utérus, et l'intestin.

CONCLUSIONS

I. — Il existe parmi les fibres de Purkinje du cœur de l'homme des cellules d'association avec entrecroisement fibrillaire, réunissant les fibres voisines, rappelant les cellules d'association du système nerveux central. Cette disposition peut prendre la forme d'un « nœud » de plusieurs cellules disposées radiairement autour d'un élément central.

II. — L'étude du chondriome des cellules de Purkinje et l'étude de leur division montre qu'il existe dans les tissus de Purkinje du cœur de l'homme, des cellules d'âge différent tendant vers la fibre myocardique par une évolution lente qui se poursuit au cours de la vie du sujet adulte. Les cellules de Purkinje constituent ainsi une réserve embryonnaire du myocarde.

III. — La transformation de cette réserve embryonnaire en tissu musculaire cardiaque est peut être en rapport avec la tension sanguine dans les cavités du cœur.

IV. — Il existe dans l'utérus un tissu embryonnaire analogue aux fibres de Purkinje. Les fibres musculaires lisses de cet organe subissent une évolution vers la fibre striée.

BIBLIOGRAPHIE

1^o CŒUR

- Aeby (Ch.)*. — Ueber die Bedeutung der Purkinje schen Faden (*Zeitschrift f. ration. Medicin. Dritte Reihe*, 1863, Bd. XVII, p. 195-203).
- Aschoff*. — A discussion on some aspects of heart block (*Brit. M. J.*, 1906, 1103-1107).
- Cohn (Alfred)*. — On the auriculo-nodal junction (*Heart*, 1909, I, 167-176).
- Cajal (Ramon Y.)*. — Textura de la fibra muscular del Corazon (*Gazeta medica, catal.*, Barcelona, 1888, t. XI).
- Durand*. — Thèse méd. Lyon, 1879.
- De Witt (Lydia M.)*. — Observations on the sino-ventricular connecting system of the mammalian heart (*Anat. Record*, 1909, III, 475-497).
- Erlanger (J.)*. — Observations on the physiology of Purkinje tissue (*Am. Journal of Physiol.*, 1912, vol. 30).
- Hessling (Th. von)*. — Histologische Mittheilungen (*Zeitschrift f. Wissench. Zoologie*, 1854, p. 189-199).
- Hoche*. — Recherches sur la structure des fibres musculaires cardiaques (*Bibliogr. Anat.*, 1897, n^o 3).
- Hays (Bulland H.)*. — On the occurrence and physiological significance of fat in the muscle fibers of the normal myocardium and atrio-ventricular system (bundle of His) interstitial granules (*Am. Journ. Anat.*, 1916, XIX, 1-36).
- Johnstone*. — Purkinje's fibers in polarized light (*Anat. Record*, 1923, vol. 26, p. 145).
- Johnstone, Wakefield et Currey*. — On the comparative vascularity of heart muscle and of the Purkinje fibers (*Anat. Record*, 1922, vol. 24).
- Keith (A.) et Flack (M. W.)*. — The auriculo ventricular bundle of the human heart (*Lancet*, 1906, II, 359-364).
- King (M.-R.)*. — The sino-ventricular system as demonstrates by

- the injection method (*Ann. Journ. of Anat.*, 2 mars 1916, XIX, 149-177).
- Lange (W.). — Die anatomischen Grundlagen für eine myogene Theorie des Herzschlages (*Arch. mikr. Anat.*, LXXXIV, 47, pp. 2 pl., 1914).
- Lhamon. — The sheath of the sino-ventricular bundle (*Am. Journ. of Anat.*, 1912, vol. 13).
- Mathias-Duval. — Précis d'Histologie. Paris, 1897.
- Marceau (F.). — Recherches sur l'histologie et le développement comparés des fibres de Purkinje et des fibres cardiaques (*C. R. de la Soc de Biol.*, t. LIII, 1901, p. 653-655).
- Thèse méd. Nancy, 1902.
- Mironesco. — Chondriome du réseau de Purkinje (*C. R. de la Soc. de Biol.*, janv. 1912, p. 30).
- Policard. — Précis d'histophysiologie. 1923, Doin, éd. Paris.
- Prenant (A.). — Problèmes cytologiques généraux soulevés par l'étude des cellules musculaires (*J. Anat. et Physiol.*, 1912, p. 274.)
- Prenant-Bouin-Maillard. — *Traité d'histologie*. Paris 1911, t. II, p. 110.
- Purkinje. — Mikroskopisch neurologische Beobachtungen (*Muller's Archiv*, p. 281-295).
- Ranvier. — *Traité technique d'histologie*. Paris, 1875, p. 553.
- Ranvier. — *Leçons d'anatomie générale sur le système musculaire*. Paris, 1880, p. 297-303.
- Reichert (K-B). — Bericht über die Fortschritte in der Mikroskopischen Anatomie im Jahre 1854. Contractile Substanz und Muskel fasern (*Mullers Archiv. f. Anat. Physiol. und Wissench. Medicin.*, 1854, p. 51).
- Renaut et Mollard. — La fibre musculaire cardiaque (*Revue générale d'Histologie*, t. I, fasc. 2, 1904).
- Retzer. — Purkinje's fibers (*Anat. Record*, 1907, p. 41).
- Rénon et Géraudel. — Richesse du nœud de Keith et Flack et du faisceau de His en fibres élastiques (*C. R. de la Soc. de Biol.*, 1913, 19 juillet).
- Renon et Géraudel. — Technique de l'examen du faisceau de His (*Presse méd.*, 1913, p. 777).
- Shaner (R.-F.). — Smooth muscle in turtle's heart (*Anat. Rec.*, 1923, vol. 25).
- Tawara. — Zeigler's Beiträge, 1906, XXXIX, p. 563.
- Van der Stricht et Wingate Todd. — Normal fibers of Purkinje in the human heart (*The Johns Hopkins Hosp. Reports*, 1920, p. 1).

2° UTÉRUS

- Athias.* — Effets de la contraction sur les mouvements automatiques de l'utérus (*Journ. de Physiol. et de Pathol. gén.*, 1920, t. XVIII, n° 4, p. 731).
- Franz.* — Studien zur Physiologie des Uterus (*Zeitschrift f. Geburtsh. u. Gynækol.*, Bd. 53, 1904).
- Kurdiuowsky.* — Physiologische Versuche an der Gebärmutter *in vivo* ihre Vergleichung mit den Versuchen an dem isolierten organe und einige Allegeimeine Ergebnisse (*Arch. f. Gynækol.*, Bd. 76, 1905).
- Retterer.* — Structure et évolution du muscle utérin (*L'obstétrique*, 1909, p. 693).
- Vignes.* — *Physiologie de l'accouchement*, 1 vol., Masson. Paris, 1923.

Vu : le président de la thèse
PRENANT

Vu : le Doyen,
ROGER

Vu et permis d'imprimer
Le Recteur de l'Académie de Paris,
APPELL

TABLE

	Pages
Historique.....	7
Technique.....	15
Le tissu de Purkinje du cœur.....	20
Divers stades évolutifs des cellules de Purkinje.....	34
Les myofibrilles des cellules de Purkinje et la transmission de l'onde contractile.....	35
Le tissu de Purkinje chez la tortue.....	42
Le tissu nodal des autres organes.....	46
Conclusions.....	52
Bibliographie.....	53

Travail de la clinique de l'Hôpital Broca

**Contribution à l'Etude
de l'Epithélioma primitif
de la trompe de Fallope**

